

- Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия Естественные науки, 2013. – № 4. – С. 12–20.
3. Баженов А. В. Цезий-137 в почвах Архангельской области: автореф... дис. канд. геол.-минерал. наук. – Москва: Ин-т геоэкологии РАН, 2001. – 23 с.
4. Ефремов И. В.. Особенности миграции радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в системе почва-растение / Ефремов И. В., Рахимова Н. Н., Янчук Е. Л. // Вестник ОГУ, 2005. – № 12. – С. 42–46.
5. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». – Москва: Изд-во ООО НТЦ «Амплитуда», 2016. – 12 с.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПИТЬЕВЫХ ВОД СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Г. Е. Байкенова¹, Н. В. Барановская², А. А. Какабаев¹, Р. И. Берсимбаев³

¹Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова

г. Кокшетау, Казахстан, guliander@bk.ru

²Томский политехнический университет

г. Томск, Россия, nata@tpu.ru

³Евразийский Национальный университет им. Л. Н. Гумилева

г. Нур-Султан, Казахстан, ribers@mail.ru

GEOCHEMICAL FEATURES OF RADIOACTIVE ELEMENTS IN SALT SEDIMENTS OF DRINKING WATER IN NORTHERN KAZAKHSTAN

G. E. Baikenova¹, N. V. Baranovskaya², A. A. Kakabayev¹, R. I. Bersimbaev³

¹Sh. Ualikhanov Kokshetau University

Kokshetau, Kazakhstan, Kazakhstan

²Tomsk Polytechnic University

Tomsk, Russia, nata@tpu.ru

³L. N. Gumilyov Eurasian National University

Nur-Sultan, Kazakhstan, ribers@mail.ru

Radioactive elements research in the scale of drinking water is relevant at the present time. Uranium is of particular interest to the public because of its complex behavior in the natural water system. The paper presents the results of studies of salt deposits of drinking water in Northern Kazakhstan, obtained by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) at the Problem Research Laboratory of Hydrogeochemistry of Tomsk Polytechnic University. Based on the results of the analysis, the statistical parameters of the distribution of thorium and uranium in the scale of drinking water in the territory of Northern Kazakhstan were calculated. Comparative data of uranium and thorium are presented both between Akmola and North Kazakhstan regions, and with other regions of Russia.

Введение

Обеспечение чистой и безопасной питьевой водой – одно из необходимых условий здорового общества. Многими исследованиями доказана связь химического состава воды и болезней щитовидной железы, желудочно-кишечного тракта, психических расстройств, болезней почек, печени, злокачественных опухолей и других заболеваний [3–6, 15, 18–19].

Во всем мире прилагаются усилия для проверки питьевой воды на наличие урана и тория, определения доминирующих видов и их неблагоприятного воздействия на здоровье населения [14, 17, 20]. Уран и торий – радиоактивные элементы, содержание которых в верхней части континентальной коры колеблется в следующих пределах: Th – 8,6–10,7 мг/кг,

U – 1,5–2,8 мг/кг [2, 10]. В осадочных карбонатных породах средний уровень содержания урана и тория составляет 4,3 мг/кг для Th и 2,2 мг/кг для U [10].

Всем известно, что перед употреблением питьевую воду часто подвергают кипячению в нагревательной системе (чайники, самовары и т. д.). Некоторые работы ученых показали [1, 7–9, 12–13, 16], что, накопительной средой может выступить накипь питьевой воды, которая может быть индикатором качества воды и отражать изменения геохимической обстановки региона.

Цель нашего исследования – определение геохимических особенностей радиоактивных элементов в солевых отложениях питьевых вод Северного Казахстана

Материалы и методы

Осенью 2018 г. нами проведено изучение радиоактивных элементов в солевых отложениях питьевых вод с территории Северного Казахстана (Акмолинская и Северо-Казахстанская области). Отобрано всего 18 проб. Пробоотбор и пробоподготовка осуществлялись согласно патенту [11] в Кокшетауском университете им. Ш. Уалиханова и в Томском политехническом университете. Накипь отбирали ножом из нержавеющей стали со стенок эмалированной и пластиковой посуды (чайники, самовары и т. д.), где кипятилась вода. При взятии накипи фиксировали тип посуды, также отмечали примерную глубину горизонта водоснабжения, из которой была взята питьевая вода. Затем все пробы высушивали при комнатной температуре, после чего истирали в агатовой ступке до состояния пудры.

Радиоактивные элементы в накипи питьевых вод определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в Проблем-

ной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (заведующая лабораторией к.г.-м.н. А. А. Хвощевская).

Результаты исследования подвергались обработке с помощью пакета программ STATISTICA 10 и Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Нами были изучены радиоактивные элементы (торий и уран) в накипи питьевых вод с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). По результатам анализа проведен расчет статистических параметров распределения урана и тория в солевых отложениях питьевых вод исследуемой территории (табл. 1). Следует отметить, что по результатам исследования среднее содержание урана превышает среднее для тория, что характерно для пород Северного Казахстана. Для Северного региона страны характерны повышенные

Таблица 1. Статистические параметры распределения тория и урана в накипи питьевых вод на территории Северного Казахстана

Элемент	Средн.	Стандарт. ошибка	Стандарт. отклонение	Медиана	Мода	Мин.	Макс.	V, %
Th	0,06	0,04	0,15	0,0125	0,0025	0,0025	0,618	245
U	58,17	22,53	95,6	23,43	Multiple	2,88	368,8	164

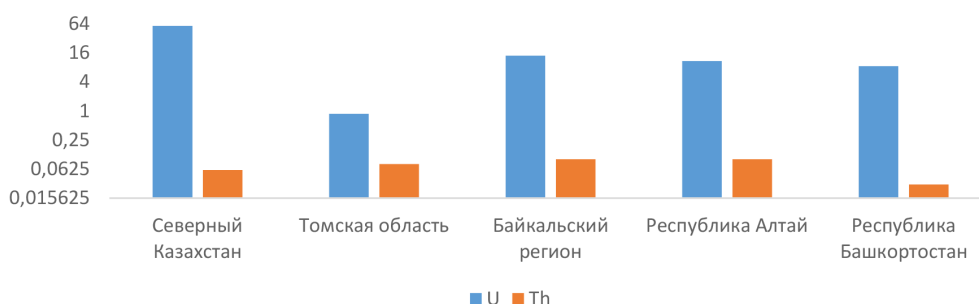


Рис. 1. Сравнительный анализ радиоактивных элементов солевых отложений питьевых вод различных территории (мг/кг, шкала логарифмическая)

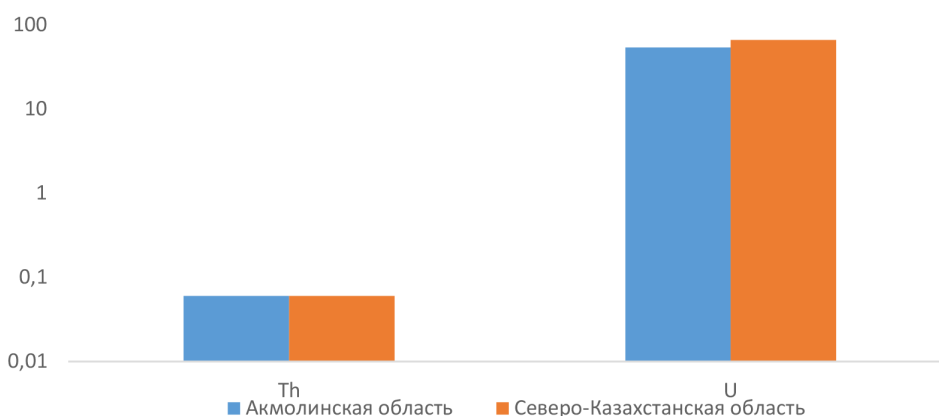


Рис. 2. Сравнительный анализ радиоактивных элементов солевых отложениях питьевых вод Акмолинской и Северо-Казахстанской областях (мг/кг, шкала логарифмическая)

концентрации урана и тория из-за специализированных геологических формаций. Высокая специализация на уран и торий отмечается для гранитоидов изучаемой территории. Весьма важной особенностью данных гранитоидов является то, что большая часть урана находится в «миграционной» форме. При этом уран легко выщелачивается из массивов трещинными водами, также подземными и поверхностными водами он выщелачивается из кор выветривания.

Также в таблице представлен анализ коэффициента вариации (V), который показал, что $V > 100\%$ как для урана, так и для тория, что указывает на неоднородный характер их распределения.

Сравнение среднего содержания радиоактивных элементов солевых отложений питьевых вод Томской области, Байкальского региона, Республики Алтай, Республики Башкортостан и Северного Казахстана показало, что накипь последнего отличается высоким содержанием урана, а в Байкальском регионе и в Республике Алтай наблюдается повышенное содержание тория (рис. 1). Высокое содержание урана в Северном Казахстане объясняется тем, что Северный Казахстан является одним из крупнейших регионов, где сконцентрированы месторождения урановых руд.

На рисунке 2 представлен сравнительный анализ содержания урана и тория в солевых отложениях питьевой воды Акмолинской и Северо-Казахстанской областей, который показал, что среднее содержание урана в Северо-Казахстанской области выше, чем в Акмолинской области. А среднее содержание тория в двух областях показали одинаковые результаты. Следует отметить, что содержания радиоактивных элементов в накипи питьевых вод двух близлежащих областей схожи, это связано с тем, что обе территории относятся к Северо-Казахстанской урановорудной провинции, соответственно, имеют общее тектоническое строение.

Заключение

Нами изучены радиоактивные элементы в накипи питьевых вод Северного Казахстана (Акмолинской и Северо-Казахстанской областей). Проведенные исследования показывают, что в Северном Казахстане содержание урана в накипи существенно выше, чем тория. Также среднее содержание урана на исследуемой территории значительно выше в сравнении с другими территориями некоторых регионов России. Данные исследования еще раз доказывают, что территория Северного Казахстана является уникальной урановой биогеохимической провинцией.

Литература

1. Арынова Ш. Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2017. – 22 с.
2. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 382 с.
3. Дианова Д. Г. Научные основы гигиенического анализа закономерностей влияния гаптенных, поступающих с питьевой водой, на иммунную систему у детей: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – Пермь, 2019. – 48 с.
4. Иванов А. В., Тафеева Е. А., Давлетова Н. Х. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения // Вода: Химия и экология, 2012. – № 3. – С. 48–53.
5. Колмыкова Л. И. Особенности водной миграции йода и селена в геохимически контрастных ландшафтах Брянской области: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Москва, 2017. – 27 с.
6. Ларинова Н. В. Генотоксикологическая оценка питьевой воды и некоторые показатели заболеваемости населения Северо-Казахстанской области / С. В. Бабошкина, И. Н. Лиходумова, Н. П. Белецкая и др. // Экологическая генетика, 2012. – Т. 4. – С. 40–49.
7. Монголина Т. А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2011. – 21 с.
8. Соктоев Б. Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2015. – 22 с.
9. Соктоев Б. Р., Рихванов Л. П., Тайсаев Т. Т., Барановская Н. В. Геохимическая характеристика солевых отложений питьевых вод Байкальского региона // Известия Томского политехнического университета, 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 203–223.
10. Смыслов А. А. Уран и торий в земной коре. – Л.: Наука, 1974. – 231 с.
11. Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: пат. 2298212 Рос. Федерация. Л. П. Рихванов, Е. Г. Язиков, Н. В. Барановская, Е. П. Янкович; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. – № 2005120840; заявл. 04.07.05; опубл. 27.04.07.
12. Фархутдинов И. М., Соктоев Б. Р., Рихванов Л. П., Фархутдинов А. М., Злобина А. М., Исмагилов Р. А., Никонов В. А., Белан Л. Н. Влияние геологических факторов на распределение урана и

- тория в солевых отложениях питьевых вод (Республика Башкортостан) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2020. – Т. 331. – № 4. – С. 16–27.
13. Язиков Е. Г., Рихванов Л. П., Барановская Н. В. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге // Известия вузов. Геология и разведка, 2004. – № 1. – С. 67–69.
 14. Assessment of age-dependent dose due to intake of uranium and thorium in drinking water from Sikar District, Rajasthan, India / V. Duggal, A. Rani and V. Balaram // Radiation Protection Dosimetry, 2016. – V. 171 (2). – P. 257–261.
 15. Different choices of drinking water source and different health risks in a rural population living near a lead/zinc mine in Chenzhou City, Southern China / Xiao Huang, Liping He, Jun Li, Fei Yang, Hongzhuan Tan // International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015. – V. 12. – P. 14364–14381.
 16. Geochemical specialization of limescale of water sources illustrated by two regions in Siberia / Tapkhaeva A. E., Taisaev T. T., Rikhvanov L. P., Yazikov E. G., Baranovskaya N. V. // Contemporary Problems of Ecology, 2010. – V. 3. – № 4. – P. 498–507.
 17. Large-Scale Uranium Contamination of Groundwater Resources in India / Rachel M. Coyte, Ratan C. Jain, Sudhir K. Srivastava, Kailash C. Sharma, Abedalrazq Khalil, Lin Ma, Avner Vengosh. // Environmental Science Technology, 2018. – V. 5 (6). – P. 341–347.
 18. Quantification of radiological dose and chemical toxicity due to radon and uranium in drinking water in Bageshwar region of Indian Himalaya / Ankur Kumar, Tushar Arora, Prakhar Singh, Kuldeep Singh, Devendra Singh, P.P.Pathak, R.C.Ramola. // Groundwater for Sustainable Development, 2021. – V. 12. – P. 100491.
 19. Trace element content in drinking water of nasopharyngeal carcinoma patients / Xia Ling-Wei, Liang Shao-Xian, Jiang Ji-Wen, Zhou Xiao-Juan, Li Jian // Cancer Letters, 1988. – V. 41. – P. 91–97.
 20. Uranium in groundwater – a synopsis based on a large hydrogeochemical data set / T. Riedel, C. Kubeck // Water Research, 2018. – V. 129. – P. 29–38.